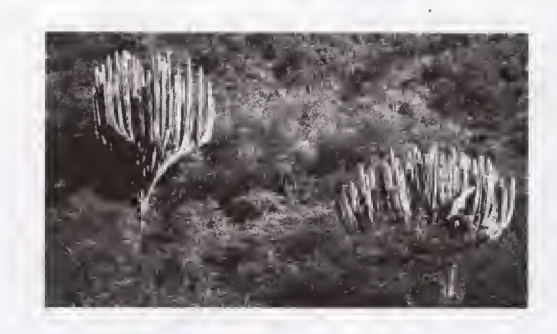


ESTADO ACTUAL
Y DINÁMICA
DE LOS RECURSOS
FORESTALES
DE MÉXICO
Pág. 8



AÑO 6 NÚM. 41 MARZO DE 2002

BioDIVERSITAS

BOLETÍN BIMESTRAL DE LA COMISIÓN NACIONAL PARA EL CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD

CONSERVACIÓN DE LAS AVES DE MÉXICO



"EN EL HORIZONTE LOS ÚLTIMOS RAYOS DEL SOL luchaban contra la noche. Su silueta se dibujó en silencio por última vez en esos cielos. La soledad de estos meses había sido completa. La vasta Sierra de San Pedro Mártir, con sus profundos cañones e impresionantes montañas, estaba, literalmente, vacía. Poco a poco se había ido quedando solo en este inmenso universo. Muchos días y muchas noches habían pasado desde que la hembra con la que compartía su mundo desapareció una mañana de invierno. Desde entonces, había regresado al mismo risco todas las tardes, en una inútil y larga espera, cumpliendo con un instinto milenario. Ese día se había dejado llevar por las corrientes de aire hasta el mar, ese mar de azules intensos. De regreso se alimentó de los restos de una vaca en un pequeño valle, en plena sierra, rodeado de bosques, que habían sido mudo testigo de las correrías de su especie desde la prehistoria. Después voló a un gran árbol seco, donde pasó un largo rato. Se limpió minuciosamente las plumas del pecho y de sus enormes alas, de 2.5 metros de envergadura, que extendió al sol. Al atardecer, se preparó para emprender el vuelo. Entonces, un poderoso estruendo cimbró su mundo y modificó la historia. El impacto fue terrible y el dolor agudísimo. Pedazos de piel, plumas y sangre se esparcieron a su alrededor. Casi en penumbras, batiendo sus alas con una enorme dificultad, llegó al enorme risco que era su refugio, en cuyas elevadas paredes se posó para evitar desplomarse al vacío. Esa noche oscura, muy oscura, sucumbió, lentamente, a sus heridas. No lo sabía, pero era el último cóndor de California [*Gymnogyps californianus*] de México" (Ceballos, 2001).

GERARDO CEBALLOS*, HÉCTOR GÓMEZ DE SILVA*
Y MA. DEL CORO ARIZMENDI**

ÁREAS PRIORITARIAS PARA LA CONSERVACIÓN DE LAS AVES DE MÉXICO

La extinción del Cóndor de California fue un indicador temprano en México de la pérdida de la diversidad biológica, problema ambiental que a principios del siglo XX habría de convertirse en uno de los más severos del país, con profundas implicaciones para la estabilidad social y la seguridad nacional. La destrucción y modificación de los ambientes naturales, la cacería ilegal, el tráfico de especies y la contaminación son algunas de las causas principales de la extinción de las especies. En las últimas décadas la lista de especies que han desaparecido en México se ha incrementado constantemente (Ceballos, 1993; Hilton-Taylor, 2000), de tal forma que actualmente el registro de las especies de vertebrados que se han extinguido desde 1900 es de por lo menos 52, incluyendo 11 especies de aves, como el pájaro carpintero pico de marfil (*Campephilus imperialis*) y el caracara de la Isla de Guadalupe (*Polyborus lutosus;* cuadro 1). Las especies extintas representan, sin embargo, la "punta del iceberg" del problema, ya que miles, tal vez cientos de miles de especies más, se encuentran en peligro de extinción.

Una preocupación genuina de científicos y conservacionistas es disminuir las tasas de extinción, en un contexto de escasa información precisa sobre las especies amenazadas y su distribución geográfica, y de la escasez generalizada de recursos económicos y humanos. Ante la gravedad del problema, en la última década han cobrado auge las medidas para determinar las especies prioritarias para la conservación, por un lado, y definir, por otro, los sitios prioritarios para la conservación de las especies prioritarias, empleando métodos que maximicen el número de especies representadas en el menor número de áreas protegidas (*e.g.* Caldecott *et al.*, 1996; Pressey *et al.*, 1993). La lógica de estos métodos radica en la idea de que se logrará una mayor efectividad en el uso de recursos limitados si se destinan a las áreas que tienen las mayores concentraciones de especies en general, o de los grupos de especies más amenazados.

La priorización de áreas para la conservación puede ser particularmente útil para diseñar estrategias de conservación adecuadas en países megadiversos en desarrollo como México, Brasil e Indonesia. En este sentido, México es un país que está avanzando en el desarrollo de estrategias de conservación con bases y metodologías sólidas. Por ejemplo, hemos desarrollado análisis de priorización de especies y áreas para la conservación para los mamíferos (Ceballos *et al.*, 1998; Ceballos, 1999; Ceballos, en prensa). Los resultados indican que estos estudios pueden ser de mucha



utilidad y son un importante avance en conservación, ya que han permitido determinar las reservas más importantes, las áreas que deben decretarse como reservas para tener representadas todas las especies y los grupos de especies más vulnerables a la extinción, que incluyen las especies ya clasificadas como en peligro de extinción y las endémicas y no endémicas de distribución restringida.

Con objeto de complementar el análisis de los mamíferos, estamos desarrollando estudios similares para aves, reptiles y anfibios. En este ensayo presentamos avances de la priorización de áreas protegidas para la conservación de las aves de México. La determinación de sitios prioritarios para la conservación a un nivel global, nacional o regional se puede basar en la evaluación de áreas sin protección, áreas protegidas (*i.e.* reservas) o una mezcla de



Izquierda, Zafiro de Xantus (*Hylocharis xantusii*); *arriba* oropéndola Moctezuma (*Psarocolius montezuma*)

Foto de portada: Noel Snyder

Cuadro 1. Especies de aves extintas en México desde 1900 (modificado de Ceballos y Márquez, 2000). Las especies endémicas de México están marcadas con un asterisco. Las causas principales de las extinciones han sido sobreexplotación (SO), destrucción del hábitat (DH), introducción de especies exóticas (IE) y otras causas como contaminación (OT).

Especie	SO	DH	OT	IE
*Carpintero imperial (*Campephilus imperialis*)	SO	DH		
Periquito de Carolina (*Conuropsis carolinensis*)	SO	DH		
Paloma pasajera (*Ectopistes migratorius*)	SO	DH		
Grulla gritona (*Grus canadensis*)	SO	DH		
Cisne trompetero (*Cygnus buccinator*)	SO	DH		
Cóndor de California (*Gymnogyps californianus*)	SO	DH	OT	
Chorlito esquimal (*Numenius borealis*)	SO			
*Paiño de Guadalupe (*Oceanodroma macrodactyla*)				IE
*Caracara de Guadalupe (*Polyborus lutosus*)	SO			
*Zanate del Lerma (*Quiscalus palustris*)		DH		IE
*Paloma de Isla Socorro (*Zenaida graysoni*)				IE

ambas, dependiendo de los objetivos. En este estudio hemos evaluado las siguientes preguntas: ¿Qué porcentaje de las aves de México está protegido en reservas?, ¿Cómo están representados en las reservas los grupos de especies más vulnerables?, ¿Cuáles son las reservas más importantes para la conservación de las aves? y ¿Qué áreas adicionales deberían decretarse como reservas para tener representadas todas las especies de aves, con énfasis en las especies prioritarias para la conservación?

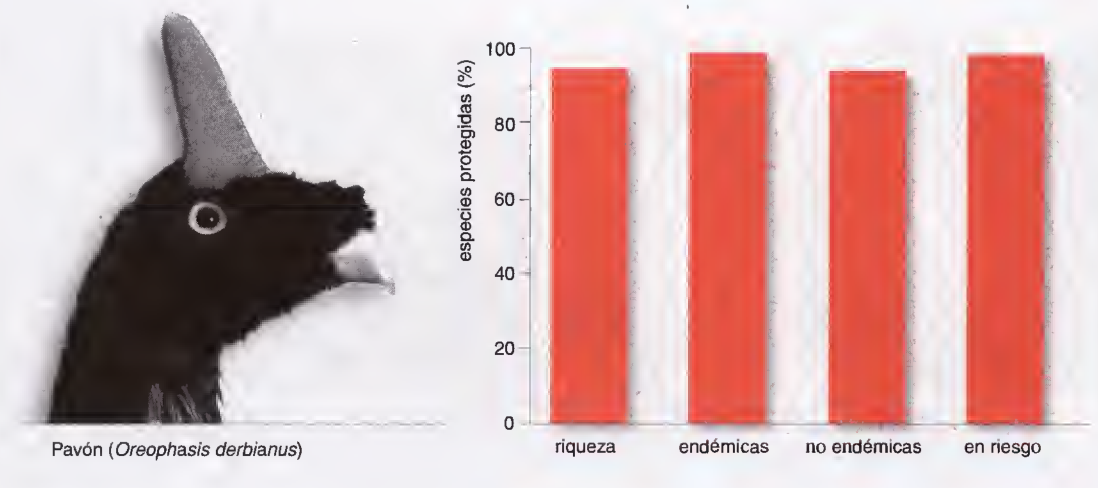
Para llevar a cabo este análisis compilamos una base de datos de las aves presentes en 42 parques nacionales y reservas de la biosfera. Escogimos estas áreas protegidas por contar con inventarios de campo de aves relativamente completos, tratando de que cubrieran toda la gama de ecosistemas en todo el territorio nacional. Los resultados los presentamos destacando las especies y las reservas.

Las aves de México

Las aves, representadas por aproximadamente 1 076 especies, son el grupo de vertebrados terrestres más numeroso de México. Alrededor de 104 especies son endémicas, 46 son semiendémicas y 47 son cuasiendémicas de México. Las especies semiendémicas, como el chipe (*Vermivora luciae*) y el colibrí (*Archilochus alexandri*) son especies migratorias cuya distribución parte del año está restringida a México (Gómez de Silva, 1996). Las especies cuasiendémicas como la tángara chiapaneca (*Tangara cabanisi*) tienen la mayor parte de su distribución en México, con pocas localidades marginales en Estados Unidos, Guatemala o Belice.

Siguiendo nuestra clasificación de las especies de mamíferos prioritarias para la conservación, los grupos de aves más importantes son las especies ya clasificadas como en peligro en las listas de especies nacionales e internacionales (*e.g.* Ceballos y Márquez, 2000; Hilton-Taylor, 2000; SEDESOL, 1994). Es evidente que estas especies deben ser prioritarias puesto que ya se ha determinado que están en riesgo de extinción. Dentro de estas especies, las de distribución restringida tienen una mayor jerarquía que las de distribución amplia, ya que cuanto más reducida es el área de distribución, más vulnerable es una especie a fenómenos estocásticos como huracanes o incendios, o determinísticos como la cacería y la destrucción del hábitat (*e.g.* Bibby *et al.*, 1992; Ceballos y Márquez, 2000; Gaston y Blackburn, 1996). Hemos definido como de distribución restringida las especies cuya área de distribución geográfica es igual o menor a 50 000 kilómetros cuadrados —siguiendo al Comité Internacional para la Conservación de las Aves (ICBP por sus siglas en ingles, Bibby *et al.*, 1992) y la UICN (Hilton-Taylor, 2000)—, lo que es equivalente a 2.5% del territorio nacional. Es importante destacar que alrededor de 30% de las aves del mundo y de México tienen rangos de distribución restringidos.

Por otra parte, una característica



Pavón (*Oreophasis derbianus*)

Figura 1. Representación de diferentes grupos de especies de aves en 42 áreas naturales protegidas de México. Nótese que más de 90% de las especies de todos los grupos están representadas en reservas.

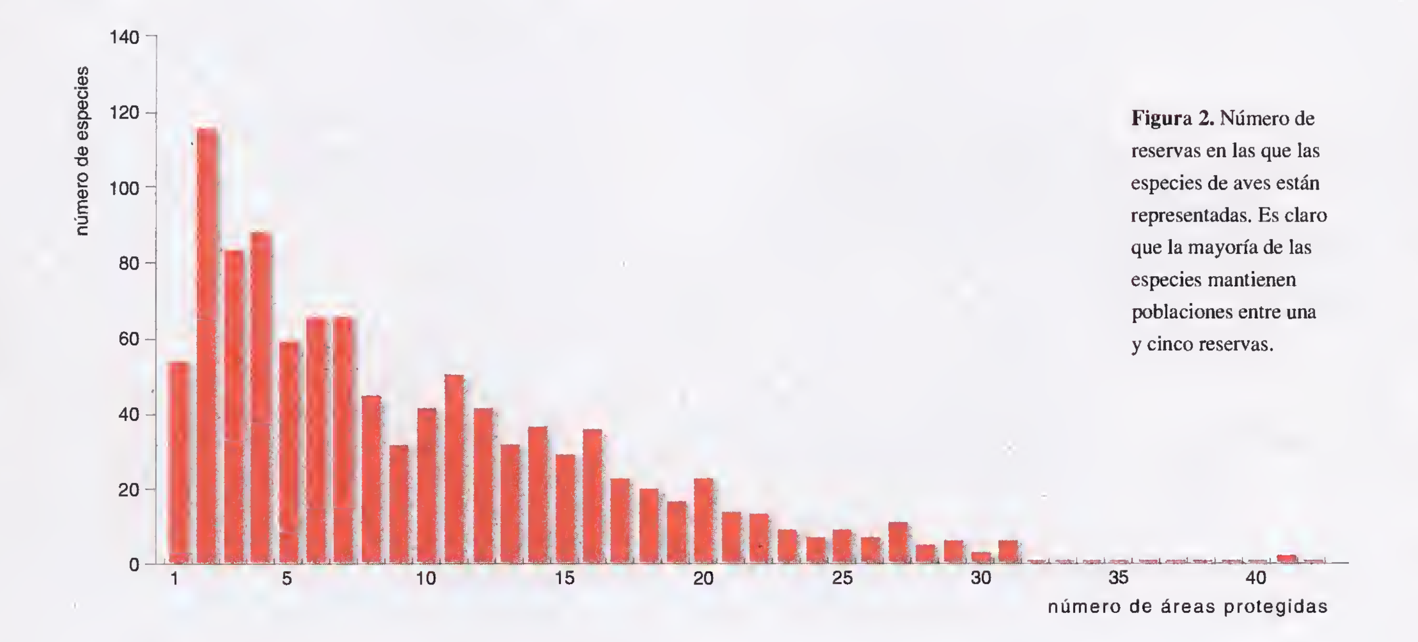


Figura 2. Número de reservas en las que las especies de aves están representadas. Es claro que la mayoría de las especies mantienen poblaciones entre una y cinco reservas.

novedosa de nuestra clasificación es que incorpora como prioritarias a las especies que a pesar de no tenerse información adecuada para determinar si están en riesgo, tienen rangos geográficos reducidos, lo que, como se mencionó anteriormente, las hace intrínsecamente más susceptibles a la extinción. En este caso se encuentran especies endémicas y no endémicas, como la matraca chiapaneca (*Campylorhynchus chiapensis*) y el pavón (*Oreophasis derbianus*), respectivamente. Indudablemente otras especies, tanto endémicas como no endémicas, de distribución amplia, seguramente también están en peligro de extinción, pero sin otro tipo de información que sustente su situación actual es difícil identificarlas.

¿Qué aves están protegidas?

Los resultados son en cierta forma alentadores, ya que 98% de las especies de aves de México se encuentran representadas en las reservas analizadas (figura 1). Estas reservas representan una fracción de las áreas naturales protegidas federales del país, lo que indica que más poblaciones y tal vez más especies están protegidas en las reservas del país. El optimismo generado por estos resultados debe ser tomado, por otro lado, con cautela, ya que la mayoría de las especies como el quetzal (*Pharomachrus moccino*) están representadas en sólo una o dos reservas (figura 2). Es decir, la protección que actualmente tienen es mínima. Para las especies de distribuciones amplias, que se mantienen e incluso se incrementan en áreas perturbadas por acciones antropogénicas esto no es un problema, ya que tienen una variedad de poblaciones en otros ambientes. El problema es grave para las especies vulnerables, muy sensibles a las perturbaciones antropogénicas, ya que una o dos poblaciones es muy poco para asegurar su persistencia.

Una prioridad para la conservación de las aves es tratar de representar en nuevas reservas las espe-

Cotorra serrana occidental
(*Rhynchopsitta pachyrhyncha*)



cies que no se encuentran en ninguna reserva (cuadro 2). La mayor prioridad en este sentido deben ser las especies endémicas de México, como la cotorra serrana (*Rhynchopsitta pachyrhyncha*), el pico-curvo de Cozumel (*Toxostoma guttatum*) y la mascarita de Altamira (*Geothlypis flavovelata*), que se encuentran críticamente amenazadas con la extinción. Es una gran responsabilidad de todos los sectores del país, pero en especial de los académicos y conservacionistas, lograr que se decreten nuevas reservas para proteger poblaciones de estas especies y tratar de asegurar su conservación a largo plazo.

Áreas prioritarias para la conservación

Existen métodos diversos para la jerarquización de áreas prioritarias para la conservación. Uno de los más usados por su simplicidad es identificar las áreas con una alta riqueza de especies en general, o de los grupos de especies más susceptibles a la extinción como las especies endémicas, sin evaluar la similitud de las faunas de las áreas evaluadas (*e.g.* Ceballos, 1999). En México, el programa de Áreas Importantes para la Conservación de las Aves (AICAS) ha seguido este esquema, identificando más de 200 sitios prioritarios para la conservación. Con este enfoque no se puede

Cuadro 2. Esquema de priorización para las especies de aves de México de acuerdo con su estado de conservación y distribución geográfica. En este esquema las especies con mayor prioridad son las ya catalogadas en peligro de extinción y, dentro de éstas, las más vulnerables son las endémicas de distribución restringida.

I. ESPECIES EN PELIGRO DE EXTINCIÓN

- ENDÉMICAS
  - DE DISTRIBUCIÓN RESTRINGIDA
    - Gorrión serrano (*Xenospiza baileyi*)
    - Codorniz coluda veracruzana (*Dendrortyx barbatus*)
    - Coqueta cresta corta (*Lophornis brachylopha*)
    - Chivirín (*Hylorchilus navai*)
  - DE DISTRIBUCIÓN AMPLIA
    - Cotorra serrana (*Rhynchopsitta pachyrhyncha*)
- NO ENDÉMICAS
  - DE DISTRIBUCIÓN RESTRINGIDA
    - Águila calva (*Haliaeetus leucocephalus*)
    - Águila arpía (*Harpia harpyja*)
    - Guacamaya roja (*Ara macao*)
  - DE DISTRIBUCIÓN AMPLIA
    - Guacamaya verde (*Ara militaris*)
    - Loro cabeza amarilla (*Amazona oratrix*)

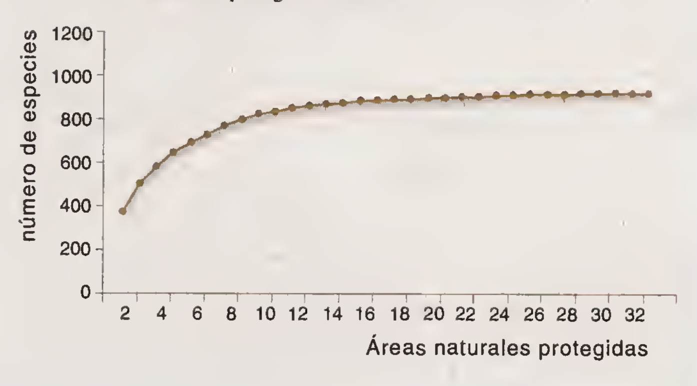
II. ESPECIES NO CLASIFICADAS EN PELIGRO

- ENDÉMICAS
  - DE DISTRIBUCIÓN RESTRINGIDA
    - Matraca chiapaneca (*Campylorhynchus chiapensis*)
    - Matraca yucateca (*Campylorhynchus yucatanicus*)
    - Carpintero (*Picoides stricklandi*)
- NO ENDÉMICAS
  - DE DISTRIBUCIÓN RESTRINGIDA
    - Pavón (*Oreophasis derbianus*)
    - Tángara chiapaneca (*Tangara cabanisi*)
    - Fandanguero rojizo (*Campylopterus rufus*)



Izquierda: águila elegante (*Spizaetus ornatus*)
Derecha: tucán pico canoa (*Ramphastus sulfuratus*)
Foto: Gerardo Ceballos

Figura 3. Análisis de complementariedad de 32 áreas naturales protegidas en México.



identificar el número mínimo de sitios necesario para representar las especies deseadas. Para evitar esta limitante, en la última década se han desarrollado métodos para seleccionar los sitios prioritarios con un enfoque de *complementariedad*, con el propósito de que quede representado el mayor número de especies en el menor número de sitios (Caldecott *et al.*, 1996; Ceballos, 1999; Pressey *et al.*, 1993).

Los resultados son muy interesantes, ya que muestran que son necesarias 27 de las 42 reservas analizadas para tener representadas todas las especies (figura 3). El número de especies que aporta cada reserva al análisis indica su jerarquía, y esto se refleja en el orden de aparición en la gráfica de complementariedad. El resto de las reservas es necesario para incrementar el número de poblaciones protegidas.

A diferencia de lo que ocurre con los mamíferos (Ceballos, 1999; Ceballos, en prensa) en donde los grupos más vulnerables están subrepresentados en las áreas protegidas, en el caso de las aves, 92% de las especies endémicas, semi-endémicas y cuasiendémicas, y 94% de las que se encuentran en peligro están incluidas en las reservas analizadas (figura 4). Las seis reservas más importantes contribuyen con 817 especies, es decir con alrededor de 82% de todas las especies protegidas. Debido a la dispersión de las otras 63 especies ya protegidas, se requieren 24 reservas adicionales para tenerlas representadas. Finalmente, determinamos que 12 áreas adicionales, como la parte norte de la Sierra Madre Occidental, que protegería especies como la cotorra serrana (*R. pachyrhyncha*) y una reserva en Cozumel que daría protección a las especies endémicas de la isla, como el pico-curvo.

Comentario final

El desarrollo del análisis de complementariedad ha permitido identificar las áreas naturales protegidas y las áreas más importantes que deberían protegerse para la conservación de las aves de México. Es indudable que este tipo de análisis es una herramienta muy sólida para la conservación. De los resultados se desprenden los siguientes planteamientos generales:

El Sistema Nacional de Áreas Protegidas representa el esquema mínimo de protección para mantener la diversidad biológica del país. Es necesario, sin embargo, complementarlo para tratar de tener representadas todas las especies clasificadas en riesgo de extinción y las especies vulnerables a la extinción. Es imperativo también tratar de ampliarlo para incrementar el número de poblaciones protegidas.

Los análisis de selección de áreas prioritarias para la conservación deben ser ampliados para cubrir otros grupos de flora y fauna bien estudiados como las cactáceas, orquídeas y mariposas. Nosotros estamos terminando un estudio sobre los reptiles y anfibios, que nos permitirá tener una idea muy completa de las áreas necesarias para la conservación de los



Figura 4. Áreas prioritarias para la conservación de las aves de México. Se muestran los cuadrantes en donde se localizan las reservas. Los cuadros más oscuros indican las reservas analizadas en este estudio; los más claros indican las reservas que se requiere proteger para tener representadas todas las especies prioritarias.



vertebrados del país.

El reconocimiento explícito de la importancia de las reservas debe ser un incentivo para fortalecer su funcionamiento, ya que la mayoría presenta problemas severos de diversa índole. Es claro por los resultados de los análisis de complementariedad que la pérdida de una de esas áreas puede tener impactos severísimos en el conjunto de especies protegidas, por lo que debe asegurarse su permanencia a largo plazo.

Finalmente, es importante reiterar que las reservas no podrán mantener por sí solas la diversidad biológica del país, por lo que es labor de los diferentes sectores de la población, incluyendo al Gobierno en sus diferentes instancias, a la sociedad civil y a la iniciativa privada insertar la conservación como un punto fundamental del desarrollo del país. Sólo así se podrá asegurar el bienestar de los mexicanos y la conservación de su enorme herencia biológica.

* Instituto de Ecología, UNAM.
**ENEP-Ixtacala, UNAM.
Fotos: Fulvio Eccardi

Bibliografía

Bibby, C.J., N.J. Collar, M.J. Crosby, M.F. Heath, Ch. Imboden, T.H. Johnson, A.J. Long, A.J. Stattersfield y S.J. Thirdgood. 1992. *Putting Biodiversity on the Map: Priorities Areas for Global Conservation*. International Council for Bird Preservation. Cambridge, R.U.

Caldecott, J.O., M.D. Jenkins, T.H. Johnson y B. Groombridge. 1996. Priorities for conserving global species richness and endemism. *Biodiversity and Conservation* 5: 699-727.

Ceballos, G. 1993. La extinción de especies. *Revista Ciencias*, núm. especial, 7:5-10

Ceballos, G. 2001. La esperanza de la Tierra. En: P. Robles Gil, E. Ezcurra y E. Mellink (comps.). 2001. *El Golfo de California. Un mundo aparte*. Pegaso, Casa Lamm, Sierra Madre, México.

Ceballos, G. En prensa. Conservation priorities for Mexican mammals: protected species and reserve networks. *Ecological Applications*.

Ceballos, G., P. Rodríguez y R. Medellín. 1998. Assessing conservation priorities in megadiverse Mexico: mammalian diversity, endemicity, and endangerment. *Ecological Applications* 8:8-17.

Ceballos, G. y L. Márquez. 2000. *Las aves de México en peligro de extinción*. CONABIO-UNAM-FCE, México.

Dobson, A.P., J.P. Rodríguez, W.M. Roberts y D.S. Wilcove. 1997. Geographic distribution of endangered pecies in the United States. *Science* 275:550-553.

Gaston, K.J. y T.M. Blackburn. 1996. Conservation implication of geographic range size-body size relationships. *Conservation Biology* 10:638-646.

Gómez de Silva, H. 1996. The conservation importance of semiendemic species. *Conservation Biology* 10: 674-675.

Hilton-Taylor, C. 2000. 2000 IUCN Red list of thretened species. IUCN, Glanz, Suiza.

Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-1994, que determina las especies y subespecies de flora y fauna silvestres, terrestrs y acuáticas en peligro de extinción, amenazadas, raras y las sujetas a protección especial, y que establece especificaciones para su potección. *Diario Oficial de la Federación*, 438: 2-60. México, 16 de mayo de 1994.

Pressey, R.L., C.J. Humprey, C.J. Margules, C.R. Vane-Wright y P.H. Williams. 1993. Beyond opportunism: key for principles for systematic reserve selection. *Trends in Ecology and Evolution* 8:124-128.

A. Velázquez*, J.F. Mas*, R. Mayorga-Saucedo*, J.R. Díaz*, C. Alcántara*, R. Castro*, T. Fernández*, J.L. Palacio*, G. Bocco**, G. Gómez-Rodríguez*, L. Luna-González*, I. Trejo*, J. López-García*, M. Palma*, A. Peralta* J. Prado-Molina* y F. González-Medrano***

ESTADO ACTUAL Y DINÁMICA DE LOS RECURSOS FORESTALES DE MÉXICO

A LO LARGO DE LA HISTORIA, y particularmente en la actualidad, los bosques han sido uno de los recursos naturales fundamentales. Los bosques proporcionan madera, una de las fuentes de energía y de materias primas más importantes en el planeta, y son clave en el suministro de lo que hoy se denomina bienes y servicios ambientales (Daily *et al.*, 1996), entre múltiples funciones y usos.

Actualmente se estima que un tercio de la superficie terrestre continental (3 540 millones de ha) aún se encuentra bajo cubierta forestal (Noble y Dirzo, 1997). La proporción bosque/población humana, sin embargo, ha venido disminuyendo de 1.2 ha per cápita en 1960 a 0.6 ha per cápita en 1995; la expectativa para 2025 es de 0.4 ha per cápita (Gardener-Outlaw y Engelman, 1999). Los últimos datos de la FAO (1999) documentan un incremento de las superficies forestales en los países del norte, mientras que en los países del sur se registra un continuo proceso de deforestación. Esta acelerada pérdida de los bosques conlleva grandes problemas ambientales, entre los que destacan las inundaciones, los deslizamientos de laderas, la pérdida de biodiversidad y por ende de la productividad, y otros fenómenos que traen consecuencias graves para las poblaciones humanas. El calentamiento global y sus repercusiones son resultado parcial de estas tasas aceleradas de deforestación, que contribuyen con alrededor de un 25% de las emisiones de CO_2 a la atmósfera.

En México la situación es ligeramente más grave que la media mundial. Los datos para 1960 y 1995 y las predicciones para 2025 son, respectivamente, de 0.8, 0.6 y 0.3 ha de bosque per cápita. Las consecuencias de estos procesos de pérdida de vegetación son cada vez más obvias y en ocasiones desastrosas. Las políticas de desarrollo rural que han fomentado la sustitución de la cobertura forestal (primaria) por otro tipo de coberturas de mayor producción a corto plazo (cultivos y pastizales inducidos), pero de bajo rendimiento a mediano y largo plazos son las causas principales de la deforestación. Ante esta perspectiva se hace urgente contar con estimaciones precisas de las tasas de deforestación en aras de identificar qué se pierde y en dónde ocurre para poder definir estrategias encaminadas a reducir la drástica pérdida de los bosques y todo el bagaje genético que albergan (Challenger, 1998).

Las estimaciones de la deforestación en el país varían entre 370 000 y 1 500 000 ha/año, con tasas entre 0.8 y 2% anual (Masera, 1996). Estas divergencias se deben principalmente a dos fuentes de error: la falta de datos consistentes para todo el territorio, obtenidos con métodos comparables, y la falta de un marco conceptual que permita identificar entidades geográficas (rodales) definidas como parte de un sistema jerárquico compatible con la literatura ya existente. Esta situación hace que las estimaciones no sean confiables y como consecuencia no se dispone de los elementos para fundamentar políticas enfocadas a contrarrestar los procesos de deforestación. Así, pese a los esfuerzos de diferentes sectores gubernamentales y sociales en México, se estima que, de la superficie original forestal del país, al menos 50% ha desaparecido o se ha deteriorado de tal manera que ha perdido su papel ecológico original (Toledo, 1989; Masera, 1996). Es por lo tanto crucial promover políticas que conduzcan a un manejo adecuado del bosque remanente y que permitan su aprovechamiento y conservación de forma integrada.

En México se han desarrollado múltiples esfuerzos de cartografía de uso del suelo y temas relacionados, entre los que destacan los de Miranda y Hernández-X (1963), Rzedowski (1978), INEGI (1971 y subsecuentes), el Inventario Forestal Nacional periódico (1994), Dirzo y Masera (1996), y el Mapa de Vegetación utilizando imágenes AVHRR (Gómez, 1999). Cada una de estas experiencias ha sido realizada para objetivos y con criterios dife-

Cuadro 1. Leyenda utilizada en el IFN 2000. En total se consideraron 75 categorías organizadas en cuatro niveles. Aquí sólo de describen los dos niveles superiores.

Formación	Tipo de vegetación y uso de suelo
I Cultivos	1 Agricultura (riego y humedad)
	2 Agricultura (de temporal)[1]
	3 Plantación forestal
II Bosques	4 Coníferas[2, 3]
	5 Coníferas-latifoliadas[2, 3]
	6 Latifoliadas[2, 3]
	7 Bosque mesófilo de montaña[2, 3]
III Selvas	8 Perennifolia y subperennifolia[2, 3]
	9 Caducifolia y subcaducifolia[2, 3]
IV Matorral	10 Mezquital[2, 3]
	11 Matorral xerófilo[4, 5]
V Pastizal	12 Pastizal
VI Vegetación hidrófila	13 Vegetación hidrófila
VII Otros tipos de vegetación	14 Otros tipos de vegetación
	15Área sin vegetación aparente
VIII Otras coberturas	16 Asentamiento humano
	17 Cuerpo de agua

[1] Incluye dos categorías: con cultivos anuales o con cultivos permanentes y semipermanentes.
[2] Incluye vegetación primaria y vegetación secundaria arbórea en una sola categoría.
[3] Incluye las comunidades con vegetación secundaria arbustiva y herbácea.
[4] Se refiere a las comunidades de matorrales con vegetación primaria.
[5] Incluye la vegetación secundaria derivada de la alteración de los matorrales.

rentes, así como a escalas diversas (desde 1:50 000 hasta 1:8 millones). Por la diversidad de enfoques, objetivos y elementos de base, las comparaciones se dificultan. Por ejemplo, en algunos casos se hace hincapié en la vegetación potencial, mientras que en otros en la cobertura vegetal real del terreno. Esta actividad comparativa, sin embargo, es imprescindible para múltiples fines, entre los que destacan el análisis del cambio de uso del suelo y la priorización de políticas de manejo, conservación y restauración de los recursos naturales en general. En el país existen, principalmente, datos provenientes de dos inventarios forestales nacionales. El primero, iniciado en la década de los 70, se basó en el uso de fotografías aéreas (escala 1:75 000) y un periodo de trabajo de campo intenso (más de diez años). Los resultados se consideraron satisfactorios para el sector forestal, por incluir información de calidad de sitio para cada rodal. Los datos, no obstante, resultaron desactualizados desde el momento en que se concluyó el inventario debido a la duración de la interpretación y de los trabajos de campo, además de que la cartografía no fue elaborada con todo rigor. El segundo inventario (Inventario Forestal Nacional periódico, 1994) se realizó en un periodo de dos años y concluyó en 1994. Los principales elementos de base fueron imágenes de satélite (sensor Landsat TM 5) y los resultados se representaron a una escala 1:250 000. En este caso se redujo drásticamente el periodo de desarrollo; sin embargo, se detectaron algunos problemas relacionados con inconsistencias en la leyenda (lo cual dificulta su correlación y comparación) y la calidad de los documentos utilizados para la interpretación (baja calidad de las imágenes impresas).

Durante febrero de 2000 la Semarnap encargó al Instituto de Geografía de la UNAM la formulación de la cartografía de la cobertura vegetal del Inventario Forestal Nacional 2000. En este trabajo se formularon los criterios para cartografiar los recursos forestales en el contexto de la vegetación de México. Este marco conceptual debe, por un lado, ser compatible con las principales experiencias previas de cartografía de la vegetación (conjuntar enfoques forestal y ecológico) y, por otro, ser expedito, para permitir el seguimiento de la vegetación en general a corto, mediano y largo plazos. La propuesta fue adjudicada en marzo de 2000 y ejecutada por un equipo estructurado de manera *ad-hoc* en el Instituto de Geografía, en estrecha relación con el INEGI y personal técnico de la Dirección Forestal de la Semarnap. Detalles técnicos sobre procedimientos, instrumentos y cartografía se describen en Palacio *et al.* (2000), de donde proviene buena parte de la información que aquí se describe.

Resultados

La conformación de la leyenda incluyó cuatro niveles jerárquicos: formación vegetal (incluye ocho categorías), tipo de vegetación (17 categorías), comunidad (47 categorías) y subcomunidad, que indica el grado de deterioro para la vegetación natural y el tipo de cultivo para las categorías agrícolas; el nivel de subcomunidad sólo se aplica a 28 de las 45 comunidades, dando un total de 75 categorías al nivel más detallado. El arreglo de estas 75 cate-

Figura 1. Superficies totales de cada formación vegetal. La mayor superficie está cubierta por matorrales y cultivos. Las superficies de bosques y selvas, con un poco más de 300 000 km², son inferiores a estas dos formaciones.

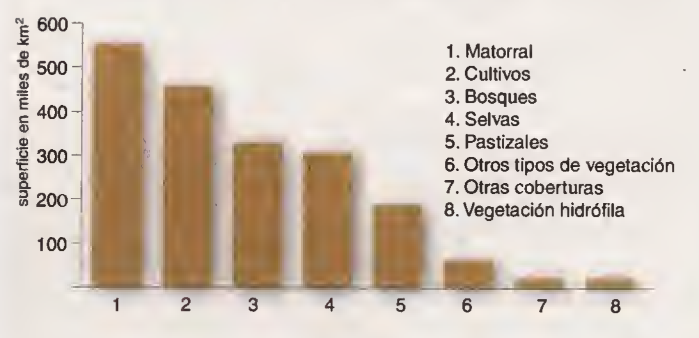
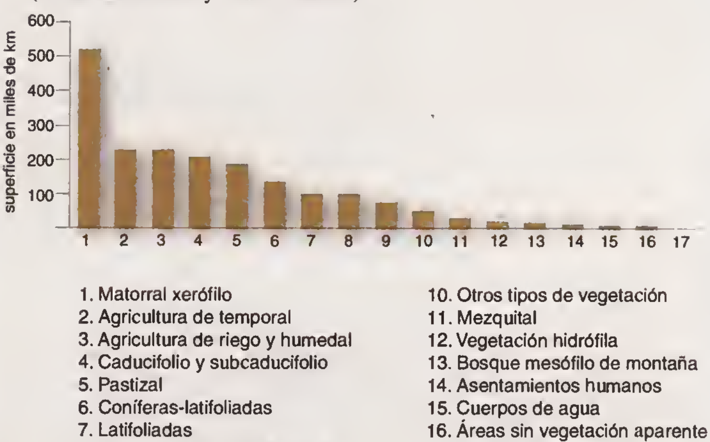


Figura 2. Superficies totales de cada tipo de vegetación y uso de suelo. Se puede observar que la mayor superficie en este nivel de agregación está cubierta por matorral xerófilo, seguido por agricultura de temporal, y de riego y humedad, con casi 230 000 km² cada uno. El resto de los tipos cuentan con superficies de entre 226 (plantación forestal) y 208 214 km² (selvas caducifolias y subcaducifolias).



gorías guarda una relación estricta con el grado de afinidad entre cada uno de los cuatro niveles jerárquicos; la formación bosque, por ejemplo, incluye cuatro tipos de vegetación, entre los cuales se encuentran las coníferas; éstas agrupan cuatro comunidades (bosques de táscate, oyamel, pino y matorral de coníferas). Cada una de estas comunidades, a su vez, tiene dos variantes a nivel de subcomunidad: la primera, que indica dominancia de vegetación secundaria arbustiva y herbácea, y la segunda, que indica la condición de vegetación predominante primaria (cuadro 1). La nomenclatura de la leyenda adoptó un enfoque predominantemente ecológico y muy difundido en los diversos sectores dedicados a la gestión y el manejo de los recursos forestales.

A nivel de formación, los "matorrales" cubren la mayor proporción, con casi 30%; le siguen en orden descendiente los "cultivos", con 23%, y continúan los "bosques" y "selvas", con superficies entre 15 y 17% del total. Las otras cuatro formaciones y otras coberturas cubren en su conjunto alrededor de 15% de la superficie total del país (figura 1).

A nivel de tipo de vegetación, el "matorral xerófilo" cubre la mayor superficie; le siguen la "agricultura de temporal", y la "agricultura de riego y humedad" con casi 12% cada una. El resto de los tipos y coberturas ocupan superficies menores de 11% del país (figura 2).

Por problemas de coordinación por parte de la Semarnap, la evaluación de la confiabilidad sólo se realizó para un número reducido de categorías restringidas al norte del país. Los resultados se muestran por medio de una matriz de confusión, que describe el grado de concordancia entre los datos de referencia (fotografías aéreas digitales) y los mapas elaborados. La mayoría de las confusiones ocurren entre categorías afines, por ejemplo los bosques de pino-encino se confunden parcialmente con los bosque de pino o de encino. El ejercicio arrojó un nivel de confiabilidad superior a 75% para la mayoría de las categorías; el valor de confiabilidad obtenido debe ser considerado como aceptable, tomando en cuenta la complejidad del territorio y la comparación con trabajos similares (Franklin *et al.*, 2000).

Finalmente, los productos obtenidos en el ámbito de este trabajo fueron los espaciomapas y mapas, escala 1:250 000 para todo el territorio nacional, la base de datos de cubierta vegetal en formato vectorial de Arc/Info y el acervo de fotografías aéreas digitales.

Compromiso entre información espectral y verdad de campo

Los sistemas de clasificación de la



Selva baja caducifolia, Cañón del Zopilote, Guerrero.

vegetación (elaborados con enfoques predominantemente ecológicos) provienen de estudios a escala 1:1 en los cuales se utilizan criterios observados en campo para clasificar la vegetación (v. gr. composición florística, fenología, fisonomía, estructura, entre otros). El enfoque forestal también utiliza observaciones o mediciones en campo y las conjunta con rodales delimitados con base en fotografías aéreas detalladas en las cuales se estiman parámetros como densidad, espesura y altura del estrato arbóreo. Las categorías resultantes son, por ejemplo, "bosque de oyamel abierto"o "selva baja, mediana o alta". La principal limitación de estos dos enfoques es que la generación de la información necesaria para describir y cartografiar la vegetación toma una gran cantidad de tiempo, de tal manera que resulta inoperante en su ejecución para un país tan diverso, extenso y dinámico como México. Por el contrario, el mapeo de la cobertura vegetal, basado en el uso de las imágenes de satélite, presenta numerosas ventajas entre las cuales se pueden mencionar la visión sinóptica, el bajo costo, la rapidez de adquisición y procesamiento. Sin embargo, existen ciertas consideraciones que deben tomarse en cuenta:

- La resolución espacial: en las imágenes Landsat que se utilizaron, los pixeles miden 30 m aproximadamente, de tal manera que los objetos más pequeños que se pueden distinguir claramente son los que están representados por varios pixeles (1 ha) (Forster, 1993). Con base en estas imágenes no es posible definir con certidumbre criterios como densidad de árboles, por ejemplo.
- La información espectral: una imagen está compuesta por varias bandas que indican la cantidad de energía que reflejan las cubiertas del suelo en distintas porciones del espectro, generalmente del visible y del infrarrojo. No existe una correspondencia perfecta entre respuesta espectral y tipo de cubierta, es decir que dos cubiertas que se pretende distinguir pueden presentar respuestas espectrales muy similares o bien que a veces un mismo tipo de cubierta puede presentar distintas respuestas espectrales según su estado. Si se utilizan imágenes de una sola fecha no se pueden aprehender características como los cambios fenológicos de la vegetación en el transcurso del año. Durante la interpretación visual de una imagen de satélite, el intérprete utiliza también criterios como la textura, la forma o la ubicación de los objetos, así como su propio conocimiento, lo que limita parcialmente el problema de confusión espectral que mencionamos más arriba.

Las imágenes de satélite resultan ser una herramienta limitada si se pretende llegar a una clasificación que tenga el nivel de detalle de estudios realizados con trabajo de campo y/o con fotografías aéreas de pequeña escala. Resulta entonces muy atractiva la conjunción de ambos enfoques, que conserve las ventajas y excluya las limitaciones de cada aproximación. En el presente Inventario Forestal Nacional 2000 se buscó integrar estas ventajas incluyendo los trabajos de campo del INEGI (escala 1:1) a partir de los cuales se derivan las etiquetas; la rodalización utilizada para la serie II del mismo INEGI que se representan en formato vectorial en un sistema de información geográfica, y las imágenes de satélite del año 2000, para lograr un producto actualizado, expedito y sólido técnicamente hablando. La estructura y conceptualización de la leyenda (simplificada de 642 a 75 categorías), la interpretación supervisada por diversos grupos de expertos y el procesamiento de la información satelital fueron condiciones imprescindibles para lograr un resultado aceptable en este estudio. La generación de una nueva cartografía, basada únicamente en la información satelital no hubiera permitido llegar a este grado de detalle.

Grado de deterioro de la vegetación actual

En las figuras 1 y 2 se muestran las

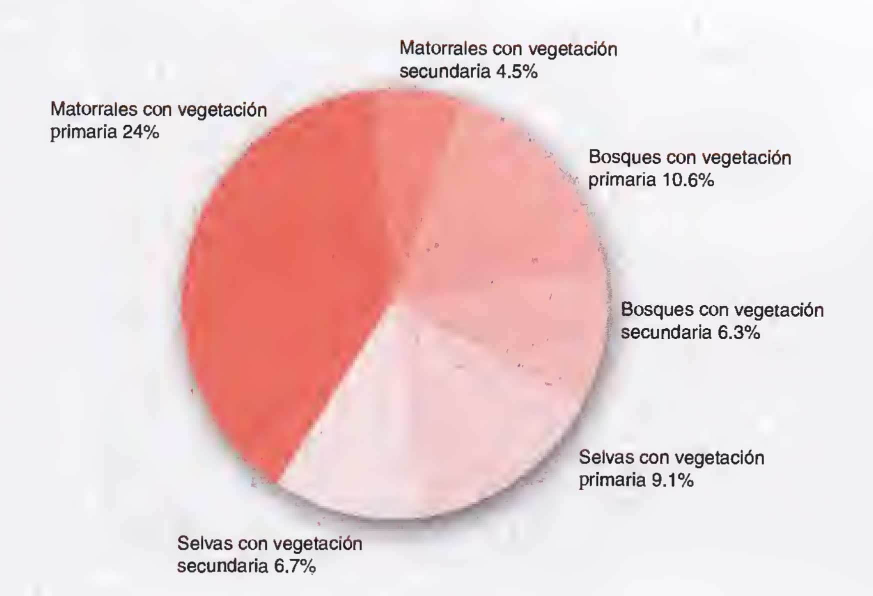


Figura 3. Se presentan las formaciones vegetales que ocupan mas de 61% de la superficie total del territorio nacional. Se incluye tanto su vegetación principalmente primaria, como su vegetación secundaria. Por ejemplo, casi la mitad de las selvas se encuentra con vegetación secundaria arbustiva y herbácea.

proporciones obtenidas a nivel de formación y tipo de vegetación ocupada para cada categoría. Las selvas, por ejemplo, ocupan 30 734 896 ha, es decir, 15.83% del territorio nacional. Una proporción de cada formación, sin embargo, se encuentra en algún grado de deterioro, por lo que los totales deben leerse tomando en cuenta que cierto porcentaje es considerado como área perturbada. Así, las tres formaciones de mayor cobertura del país (matorrales, bosques y selvas), cubren mas de 61% del territorio nacional; pero cerca de 17% de la superficie del territorio nacional se encuentra ocupada por vegetación secundaria derivada de selvas, bosques y matorrales (figura 3). Como ejemplo, los bosques, que ocupan 16.92% del país, incluyen 6.34% de áreas de bosques con dominancia de especies secundarias herbáceas y arbustivas.

La dinámica del cambio y deforestación

El análisis del cambio de uso / cobertura del suelo es crucial para entender los procesos dinámicos de la cobertura del suelo; la pérdida de la productividad y biodiversidad; vulnerabilidad a erosión; deforestación; fragmentación, pérdida del valor de opción de bienes y servicios ambientales; entre otros aspectos necesarios para apoyar las labores de conservación. En México, el mayor énfasis se ha dado a la estimación de las tasas de deforestación. Los estudios regionales revisados sostienen que ésta oscila entre 1 y 10.4% anual. Los métodos utilizados en general son diferentes; indefinidos en cuanto a los parámetros y variables que se incluyen; incomparables en términos de las categorías que utilizan; escalas de trabajo (tiempo-espacio) incompatibles; y resalta la falta de mecanismos de evaluación de la precisión del muestreo y la medición de la calidad de las bases de datos analizadas. Las extrapolaciones, por lo tanto son poco confiables e imprecisas.

En un estudio reciente se seleccionaron las tres bases de datos (dos provenientes de INEGI en sus dos series y la otra derivada de el estudio presente) que fueron mejoradas y utilizadas como bases de referencia para el análisis de los patrones de cambio de uso/cobertura del suelo para todo el país. Se construyó un sistema clasificatorio jerárquico compatible entre las tres fechas ya corregidas denominadas t_1 (1976), t_2 (1993) y t_3 (2000). A partir de éstas se generaron estadísticas para cada una de las fechas de manera independiente. Posteriormente se realizaron dos cruces: t_1, (1976)-t_3 (2000); y t_2 (1993)-t_3 (2000). Los resultados más confiables indican que se han perdido más de 2 millones de hectáreas de bosques en el periodo t1, (1976)-t_3 (2000); las selvas tres veces más que los bosques para el mismo periodo, mientras que los matorrales se han reducido en más de cuatro millones de hectáreas. La tasa de pérdida anual de estas tres formaciones en conjunto oscila entre 500 y 600 mil ha. Estos resultados se basan en un método confiable y explicito tanto espacial como temporalmente.

Aplicación de los resultados

Los resultados obtenidos en el presente trabajo proporcionan una base de datos de gran utilidad para las tareas de manejo y conservación de la biodiversidad. Destacan tres líneas de trabajo: la identificación de áreas de alta heterogeneidad (diversidad Beta), la condición de las diversas áreas protegidas del país y la vinculación entre las diversas bases de datos existentes y entidades geográficas. El primer resultado de este inventario muestra un sistema jerárquico de agregación de la vegetación que permite elaborar cuatro modelos en forma rápida. El primer modelo cartográfico, a nivel de formación (escalas entre 1:8 000 000 y 1:4 000 000), permitirá visualizar la heterogeneidad a nivel país y comparar la proporción de coberturas de origen antrópico con las coberturas naturales. El segundo modelo, a nivel de tipo de vegetación (escalas entre 1:1 000 000 y 1:500 000),

Estos datos ofrecen la posibilidad de establecer escenarios de simulación para pérdidas de suelos y para consecuencias catastróficas de eventos extraordinarios.



Deforestación en el Triunfo, Chiapas.

aporta elementos para la planeación a nivel estatal, la regionalización y la búsqueda de entidades ecológicas. El tercer modelo cartográfico, a nivel de comuni-dad (escalas entre 1:250 000 y 1:125 000) muestra la complejidad para el manejo de diversas regiones a nivel de grupo de municipios (región económica). Se podrán proponer políticas de manejo y conservación de la biodiversidad con base en índices de heterogeneidad municipal y planes conjuntos con municipios vecinos que comparten comunidades y problemáticas afines. Además permitirá identificar áreas de alta biodiversidad con alto grado de fragmentación. Con esta información se tendría la base para la elaboración de planes de manejo regional para modelos de aprovechamiento y conservación en municipios, comunidades, ejidos y otras organizaciones políticas y sociales.

Existen numerosas pruebas empíricas sobre el papel de la cobertura en el balance hídrico en diferentes regiones ecológicas, así como sus consecuencias negativas (directas e indirectas) causadas por la remoción de la cubierta vegetal de una cuenca vertiente. En forma análoga, la relación entre cobertura vegetal y erosión/conservación de suelos ha sido estudiada en forma detallada durante al menos 70 años. Así, los datos de cobertura proporcionados por el presente trabajo permitirán generar modelos de predicción de erosión en los cálculos de obras de conservación. El disponer de estos datos a nivel general y regional, así como a nivel de cuencas, permite describir, explicar y predecir los patrones de erosión laminar y en cárcavas, y estimar la producción de sedimentos y la tasa de depositación en niveles de base locales y regionales. Asimismo, estos datos ofrecen la posibilidad de establecer escenarios de simulación para pérdidas de suelos y para consecuencias catastróficas de eventos extraordinarios. La cobertura vegetal y sus cambios en el tiempo desempeñan un papel fundamental en ambos procesos. Particularmente, los riesgos y procesos influidos por la cobertura son aquellos desencadenados por eventos hidrometeorológicos extraordinarios, es decir, de alta magnitud pero de relativamente baja frecuencia. La cobertura vegetal, particularmente la cobertura forestal, actúa como elemento protector de las laderas frente a dichos eventos extraordinarios, cuya dinámica es influida por la interferencia antrópica en los patrones de cambio global. Así como en los casos anteriores, los datos proporcionados por este trabajo contribuyen a definir cuáles son las zonas que pueden sufrir altos niveles de afectación por efecto de eventos extraordinarios. Por lo tanto, el componente cobertura es clave en los modelos de predicción de desastres.

Uno de los indicadores más importantes, a nivel mundial y en nuestro medio, de un desarrollo balanceado con la conservación de los recursos naturales, es la cuantificación del cambio en la cobertura y uso del suelo. La deforestación es un proceso cuyo desarrollo se ha acelerado en regiones intertropicales con políticas que favorecen el incremento de la productividad económica (usos maderables), pero no del desarrollo integral, o bien, por falta de interes y de control en la práctica de políticas correctas. El cambio drástico de áreas perturbadas por áreas totalmente antropizadas, aunado al incremento del CO_2 en la atmósfera producto de la actividad humana, ha sido considerado como la mayor causa de pérdida del germoplasma a nivel global. Desde esta perspectiva, la conservación y restauración de la cobertura vegetal primaria y las diversas fases sucesionales son prioritarias para asegurar aspectos esenciales de la calidad de vida del hombre. Así, estudios detallados que documenten la dinámica del cambio de uso del suelo permitirán conocer las tendencias (qué tipo de vegetación es sustituido por qué otro tipo) y por lo tanto qué implicaciones tiene esto en el CO_2 existente. Con la información adicional de las tasas de incremento anual por



Deforestación en la selva Lacandona, Chiapas.

especie característica de cada una de las comunidades de vegetación se podría calcular el total de CO_2 que potencialmente se puede capturar por tipo. Esto multiplicado por la superficie que ocupa cada comunidad se podría traducir en el total de toneladas de CO_2 que se capturan por año. Las consecuencias del cambio de uso de suelo en los patrones climáticos aún necesitan ser evaluadas y desarrolladas, así como la información complementaria requiere ser obtenida por medio de futuras investigaciones, pero los elementos básicos ya se encuentras disponibles para todo el país en formato digital.

Conclusiones

El uso de la percepción remota coloca al usuario en la necesidad de clasificar no objetos naturales, como ocurre durante el trabajo de campo, sino objetos espectrales (es decir, caracterizados por su respuesta espectral en las bandas que el sensor detecta) (Anderson *et al.*, 1976). Esta limitación determina la capacidad de discriminación de clases informativas (es decir, congruentes para su uso en la toma de decisiones) y debe ser compensada por la posibilidad de mapear grandes zonas (capacidad sinóptica de los sensores, sean fotos o imágenes). El trabajo descrito en el presente artículo indica que es posible fusionar un enfoque espectral de interpretación (cartografía de vegetación usando imágenes de satélite, con resolución de 30 m en el terreno), con datos preexistentes obtenidos mediante fotointerpretación, interpretación de imágenes de satélite, e intensa verificación de campo (datos proporcionados en formato digital por el INEGI, serie II de cartografía de uso del suelo y vegetación). De esta manera, y siempre y cuando los intérpretes tengan buena experiencia de campo, una estrategia de mapeo puede beneficiarse de los dos componentes mencionados en el párrafo anterior. En cuanto a la interpretación de imágenes, el haber optado por un esquema de trabajo visual (y no automatizado, supervisado o no), a partir de las sugerencias bibliográficas (Batista y Tucker, 1991; Sader *et al.*, 1990; 1991) permitió incorporar toda la experiencia de los intérpretes, y no invertir el tiempo en tratamientos automatizados que luego deben editarse de manera pormenorizada.

De este estudio se deriva la necesidad de actualizar y monitorear en forma permanente la cobertura vegetal. La realización de inventarios en tiempos del orden de meses es complicado y arriesgado, considerando la diversidad de condiciones que caracterizan a México. Otros países (tales como Canadá, Japón, Costa Rica) cuentan con parcelas permanentes de monitoreo y un sistema de almacenamiento de la información que se va obteniendo de manera local y periódica. Los inventarios forestales en estos países, por lo tanto, consisten en un ejercicio de actualización continuo. Esto se favorece, por un lado, al contar con información actualizada, y por el otro con la capacidad de generar información expedita. De esta forma se puede alimentar un sistema de información geográfica que apoye las tareas de toma de decisiones. Para tal fin se hace necesario incluir la información de bases de datos ya existentes (INEGI, CONABIO) para incrementar de manera sustancial la confiabilidad y haber creado un mecanismo de integración de datos puntuales (observaciones de campo) con entidades cartográficas. Por otro lado, está pendiente la cartografía de formas del relieve, a diferentes escalas, de tal manera que pueda ligarse a la cartografía de suelos y aptitud de uso, por un lado, y de vegetación, por el otro. Este instrumento sería de gran utilidad para tareas de evaluación de aptitud, conflictos de uso y planificación del medio físico, todos ellos insumos críticos del ordenamiento ecológico.

Es destacable el enorme esfuerzo interinstitucional (Semarnap-

De este estudio se deriva la necesidad de actualizar y monitorear en forma permanente la cobertura vegetal. La realización de inventarios en tiempos del orden de meses es complicado y arriesgado, considerando la diversidad de condiciones que caracterizan a México.

INEGI-UNAM) en la definición de metas, objetivos, estrategia y ejecución del proyecto de manera exitosa en un lapso de menos de un año. Las bases de datos espaciales (mapas y espaciomapas) y estadísticas obtenidas conforman un acervo importante acerca de la información sobre recursos naturales del país. El reto consiste en utilizar la información para enriquecer procesos analíticos tanto a nivel gobierno como de los sectores académico, privado y social.

Agradecimientos
Los resultados provienen del proyecto Inventario Forestal Nacional 2000 realizado por INEGI-UNAM y financiado por la Semarnap. Agradecemos el apoyo brindado por la M. en C. J. Carabias, el Dr. F. Tudela y el Dr. J. del Valle. El Dr. A. Challenger y la Biól. M. García Rendón quienes ayudaron en la coordinación operativa y técnica del proyecto. Damos un especial reconocimiento al Biól. F. Takaki, Biól. A. Victoria y Dr. J. Rzedowski por la colaboración en el desarrollo conceptual del proyecto y su ejecución técnica. Finalmente reconocemos el apoyo de los otros 52 colaboradores que trabajaron de tiempo completo en la ejecución de este proyecto.

*Instituto de Geografía. **Instituto de Ecología. ***Instituto de Biología, UNAM.
Fotos: Fulvio Eccardi

Bibliografía

Anderson, J., E. Hardy, J. Roach y R. Witmer. 1976. A land use and land cover classification system for use with remote sensor data. *Geological Survey Professional Paper* 964.

Batista, G. y C. Tucker. 1991. Accuracy of digital classification versus visual interpretation of deforestation in the Amazon. *Proceedings of the 6th SELPER Symposium.*

Challenger, A. 1998. *Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México. Pasado, presente y futuro.* CONABIO-Instituto de Biología-UNAM-Sierra Madre. México.

Daily, C.G., S. Alexander, P.R. Ehrlich, L. Goulder, J. Lubchenco, P.A. Matson, H.A. Mooney, S. Postel, S.H. Shneider, D. Tilman y G.M. Woodwell. 1996. Ecosystem services: benefits supplied to human societies by natural ecosystems. *Issues in Ecology* 2:1-16.

Dirzo, R. y O. Masera. 1996. Clasificación y dinámica de la vegetación en México. En: *Criterios y terminología para analizar la deforestación en México.* Semarnap, México.

FAO (Food and Agriculture Organization). 1999. *Situación de los bosques del mundo.* FAO, Roma.

Forster, B.C. 1993. Satellite remote sensing for land information in developing countries. *Geocarto International* 8(1): 5-15.

Franklin, J., C. Woodcock y R. Warbington. 2000. Multi-attribute vegetation maps of forest service lands in California supporting resource management decisions. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 66(10):1209-1217.

Gardner-Outlaw, T. y R. Engelman. 1999. *Forest futures. Population, consumption and wood resources* Population Action International.

Gómez, G. 1999. Mapa de vegetación usando imágenes AVHRR. *Informe técnico*, Instituto de Geografía, UNAM.

INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 1971. Cartografía de uso de suelo y vegetación Serie I.

Inventario Forestal Nacional Periódico, 1994. Subsecretaría Forestal y de la Fauna Silvestre, México.

Masera, O. 1996. *Desforestación y degradación forestal en México.* Grupo Interdisciplinario de Tecnología Rural Apropiada. GIRA. Pátzcuaro.

Miranda, F. y E. Hernández-Xolocotzi. 1963. Los tipos de vegetación de México y su clasificación. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 23

Noble, I. y R. Dirzo. 1997. Forests as Human-Dominated Ecosystems. *Science* 277(5325): 522-525.

Palacio-Prieto, J. L., G. Bocco, A. Velázquez, J.F. Mas, F. Takaki, A. Victoria, L. Luna-González, G. Gómez-Rodríguez, J. López-García, M. Palma, I. Trejo-Vázquez, A. Peralta, J. Prado-Molina, A. Rodríguez-Aguilar, R. Mayorga-Saucedo y F. González-Medrano. 2000. La condición actual de los recursos forestales en México: resultados del Inventario Forestal Nacional 2000. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM* 43: 183-203.

Rzedowski, J. 1978. *Vegetación de México.* Limusa, México.

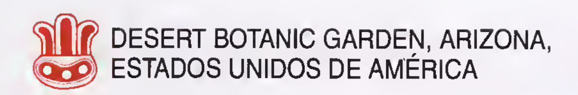
Sader, S., T. Stone y A. Joyce. 1990. Remote sensing of tropical forests: an overview of research and applications using photographic sensors. *Photog. Eng. and Remote Sensing* 55(10):1343-1351.

Sader, S., G. Powell y J. Rappole. 1991. Migratory bird habitat monitoring through remote sensing. *Int. J. of Remote Sensing* 12(3):363-372

Semarnap (Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca). 1997. *Ley Forestal Semarnap*, México, 114 pp.

Toledo, V. M. 1989. La diversidad biológica de México. *Ciencia y Desarrollo* 14(81):17-30.

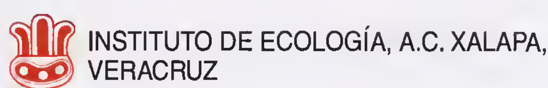
Velázquez, A. 1993. Landscape ecology of Tláloc and Pelado volcanoes, México ITC 16: 1-151.



DESERT BOTANIC GARDEN, ARIZONA, ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA

XXVII Congreso de la International Organization for Succulent Plant Study (IOS). Phoenix, Arizona, EUA

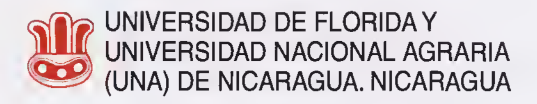
Del 7 al 14 de abril de 2002
Informes: Paty Wilson, Comité organizador.
1201 N.Galvin Parway
85008 Phoenix, Arizona, EUA.
Tel: 480-941-1225
Fax: 480-481-8124.
Web: www.iosweb.org/congress.html



INSTITUTO DE ECOLOGÍA, A.C. XALAPA, VERACRUZ

IV Congreso Latinoamericano de Micología, Xalapa, Veracruz

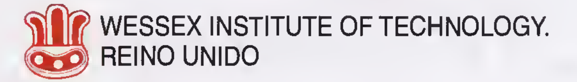
Del 13 al 17 de mayo de 2002
Informes: Instituto de Ecología A.C.
Km. 2.5 Carretera antigua a Coatepec 351
91070 Xalapa, Veracruz.
Tel.: (228) 842 18 29, fax: (228) 818 7809
Correo e: guzmang@ecologia.edu.mx



UNIVERSIDAD DE FLORIDA Y UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA (UNA) DE NICARAGUA. NICARAGUA

Primer Curso Latinoamericano en Control Biológico de Malezas. Nicaragua

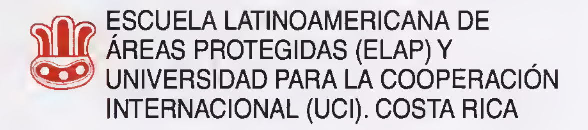
Del 24 al 28 de junio de 2002.
Informes: J. Medal, correo e: medal@gnv.ifas.ufl.edu



WESSEX INSTITUTE OF TECHNOLOGY. REINO UNIDO

Second International Conference on Urban Regeneration and Sustainability. Segovia, España

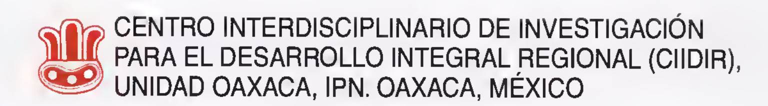
Del 3 al 5 de julio de 2002
Informes: Gabriella Cossutta, Secretaria de la Conferencia
Wessex Institute of Technology
Ashurst Lodge, Ashurst
Southampton, SO40 7AA
Tel: 44 (0) 238 029 3223, fax: 44 (0) 238 029 2853
Correo-e: gcossutta@wessex.ac.uk
Web: www.wessex.ac.uk/conferences/2002/urs02/index.html



ESCUELA LATINOAMERICANA DE ÁREAS PROTEGIDAS (ELAP) Y UNIVERSIDAD PARA LA COOPERACIÓN INTERNACIONAL (UCI). COSTA RICA

Curso de Planificación de Áreas Protegidas: un proceso dinámico y participativo. Costa Rica

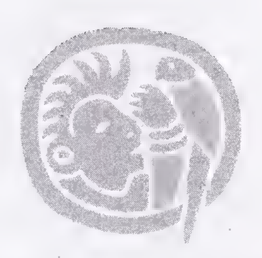
Del 1 al 10 de julio de 2002.
Informes: Stanley Arguedas Mora, Coordinador Técnico
Correo e: cursos-elap@uci.ac.cr



CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE INVESTIGACIÓN PARA EL DESARROLLO INTEGRAL REGIONAL (CIIDIR), UNIDAD OAXACA, IPN. OAXACA, MÉXICO

VI Congreso Nacional de Mastozoología, Oaxaca

Del 21 al 25 de octubre de 2002
Informes: Antonio Santos-Moreno, Coordinador de Difusión y Comunicaciones
CIIDIR-IPN, Unidad Oaxaca.
Calle Hornos 1003, Sta. Cruz Xoxocotlán
71230 Oaxaca, Oax., México.
Fax: (951) 7-04-00.
Correo e: vicongresoammac@yahoo.com.mx
Web: http://mx.geocities.com/vicopngresoammac



COMISIÓN NACIONAL PARA EL CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD

La CONABIO es una comisión intersecretarial dedicada a coordinar y establecer un sistema de inventarios biológicos del país, promover proyectos de uso de los recursos naturales que conserven la diversidad biológica y difundir en los ámbitos nacional y regional el conocimiento sobre la riqueza biológica del país y sus formas de uso y aprovechamiento.

SECRETARIO TÉCNICO: Victor Lichtinger
COORDINADOR NACIONAL: José Sarukhán Kermez
SECRETARIO EJECUTIVO: Jorge Soberón Mainero
DIRECTOR DE SERVICIOS EXTERNOS: Hesiquio Benítez Díaz



El contenido de *Biodiversitas* puede reproducirse siempre que la fuente sea citada.

COORDINADOR: Fulvio Eccardi ASISTENTE: Rosalba Becerra
CORREO E: biodiversitas@xolo.conabio.gob.mx
DISEÑO: Luis Almeida, Ricardo Real PRODUCCIÓN: BioGraphica
Liga Periférico Sur-Insurgentes 4903, Col. Parques del Pedregal, 14010 México, D.F.
Tel. 5528 9100, fax 5528 9125, http://www.conabio.gob.mx
Registro en trámite